



Şant Fizyolojisi

Shunt Physiology

Yusuf İZCİ

Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Yazışma Adresi: Yusuf İZCİ / E-posta: yizci@gata.edu.tr

ÖZ

Şant sistemleri hidrosefalinin tedavisinde en yaygın kullanılan araçlardır. Her ne kadar teknolojik ilerlemeler olsa da halen ideal şant geliştirilememiştir. Bunun da en önemli nedeni beyin-omurilik sıvısı (BOS) dolaşımı, dinamiği ve şant fizyolojisinin iyi bilinmemesidir. Şant fizyolojisini öğrenmenin yolu, akışkanların dinamiğini ve BOS dinamiğini iyi bilmekten geçer. Bu derlemenin amacı günümüzde kullanılan şant sistemlerini tanıtmak, BOS dolaşımı ve dinamiğini ortaya koymak ve bunların ışığında şant fizyolojisini aydınlatmaktır.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Hidrosefali, Beyin-omurilik sıvısı, Şant, Fizyoloji

ABSTRACT

Shunt systems are the main tools in the treatment of hydrocephalus. Although many technological improvements had been achieved, ideal shunt has not been developed yet. The main reason of this situation is that the cerebrospinal fluid (CSF) circulation, dynamics and shunt physiology are not well understood. The best way to learn the shunt physiology is to know the fluid dynamics and CSF dynamics. The aim of this review is to present the shunt systems, to point out the CSF circulation and dynamics and to elucidate the shunt physiology under the light of these factors.

KEYWORDS: Hydrocephalus, Cerebrospinal fluid, Shunt, Physiology

GİRİŞ

Şant; İngilizcede hat değiştirmek veya yol değiştirmek anlamında kullanılan bir sözcüktür. Tıp terminolojisinde ise herhangi bir vücut sıvısının (Kan, beyin-omurilik sıvısı vb) yolunu değiştirmek için kullanılan cihazlara verilen genel isimdir (25). Diğer tıbbi branşlarda olduğu gibi nöroşirürjide de şantlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Şantlar, uzun yıllar hidrosefali tedavisinde kullanılmış olan ve halen kullanılmakta olan mekanik cihazlardır (1). İlk olarak 20. yüzyılın başında kullanılmaya başlayan şantlar önce ventrikülosisternal, ardından ventriküloatrial, ventriküloplevral ve ventriküloperitoneal olmak üzere pek çok çeşitte üretilmiş ve kullanılmıştır (16). Bunlar dışında lumboperitoneal, siringosubaraknoid, siringoplevral ve ventriküloamniotik şantlar da mevcuttur. Her ne kadar yıllar boyunca şantları kullansak da bunların çalışma prensiplerini ve fonksiyonel özelliklerini tam olarak bildiğimiz söylenemez. Şant mekaniğini ve fizyolojisini en iyi anlamının yolu beyin-omurilik sıvısı (BOS) ve şantın kullanıldığı hastalıkların fizyolojisini ve fizyopatolojisini anlamaktan geçer. Şant fizyolojisini öğrenmenin yolu; basit hidrodinamik, BOS dinamiği ve şant hidrodinamiğini bilmekten geçer. Bu nedenle öncelikle BOS fizyolojisinden ve BOS'un kimyasal ve fiziksel özelliklerinden bahsedilecektir.

BEYİN-OMURİLİK SIVISI

BOS, santral sinir sistemi içini dolduran, renksiz, kokusuz ve berrak bir sıvıdır (11). Genellikle ventriküllerin içindeki koroid

pleksuslarda üretilmekle birlikte ventrikül yüzeyini döşeyen epandim hücrelerinde, beyin parankiminde ve spinal sinir kılıflarında da BOS üretimi olmaktadır. BOS üretimi temelde iki yolla olur. Birincisi kanın koroid pleksuslarda ultrafiltrasyonu sonucudur ve bu üretim serebrovasküler yatağın çeşitli perfüzyon parametrelerine bağlıdır. İkincisi ise metabolik yönden aktif bir süreçtir. Bu süreç sodyumun aktif transportu ve bikarbonat metabolizması ile yakın ilişkilidir. Bu nedenle sodyum transportunu inhibe eden ilaçlar veya karbonik anhidraz enzimini bloke eden ajanlar BOS üretimini düşürür (19). Ancak bunlarla bile BOS üretimi en fazla %60 oranında azaltılabilir. BOS'un özgül ağırlığı 37°C'de 1,006 olup pH'ı 7,32'dir. Günde erişkinde yaklaşık 500 ml (0,35 ml/dk) BOS üretilmektedir. Bu miktar çocukta yaklaşık 250 ml/gün'dür. Tüm sinir sistemi içindeki BOS hacmi yaklaşık 150 ml olup bunun büyük kısmı beyinde, 25-35 ml kadarı ise omurilikde bulunur. BOS'un temel görevi kapalı bir kompartman içinde bulunan beyin ve omuriliğe bir yastık görevi yapmaktır. Ancak son yıllardaki çalışmalarda BOS'un metabolik ürünlerin, hormonların ve çeşitli nörotransmitterlerin taşınmasında ve vücuttan temizlenmesinde rol oynadığı gösterilmiştir. BOS, üretildiği ventriküler sistemden beyin sapını çevreleyen sistemlere doğru hareket eder. Buralardan da subaraknoid boşluklara geçer. BOS'un geri emilimi araknoid granülasyonlar yolu ile venöz sisteme olur. Ancak olfaktor sinirden de emilim gösterilmiştir. Araknoid granülasyonlar valf gibi çalışırlar ve sıvının non-selektif absorpsiyonunu sağlar. BOS emilimi basınç farkı prensibine göre olur ve metabolik yönden aktif bir

süreç değildir. İntrakranial basınç belli bir eşik değerin üzerine çıkar ise emilim olur ve bu eşğin altında emilim olmaz. Üretim ise göreceli olarak intrakranial basınca duyarlı değildir, ancak intrakranial basıncın arttığı durumlarda üretimin kısmen azaldığı da gösterilmiştir (22). BOS üretimi özellikle serum ozmolaritesi düştükçe artar. BOS basıncı, oturur pozisyonda lomber bölgede 15-20 cm H₂O kadardır. Serebral kan akımında artma, venöz sinüslerdeki basınçta artma veya arterial basınçta otoregülasyonu bozacak derecede artma olursa BOS basıncı yükselir. Artmış BOS basıncı hidrosefalinin en önemli özelliğidir.

HİDROSEFALİ

Hidrosefali, BOS üretim ve emilimindeki dengenin bozulması sonucu BOS'un ventriküler sistem içinde birikmesi ve burayı genişletmesi ile karakterize bir klinik tablodur. Hidrosefali temelde üç yolla oluşur: (1) BOS dolaşım yollarında tıkanıklık, (2) BOS'un aşırı üretimi, (3) Venöz drenajın ve emilimin bozulması. BOS dolaşım yolları; ventriküler sistemde veya subaraknoid aralıkta tıkanabilir. Eğer ventriküler sistemde tıkanıklık olursa buna "nonkomünike hidrosefali", subaraknoid mesafede tıkanıklık olursa buna "komünike hidrosefali" adı verilir (16,17). Aşırı BOS üretimi ise genellikle koroid pleksus papillomlarında görülür (18). Papillomlar sadece BOS üretimini artırarak değil aynı zamanda BOS dolaşım yollarını tıkayarak da hidrosefaliye neden olabilir. Venöz drenajın bozulması ise araknoid granülasyonlardaki basıncın artmasına ve dolayısıyla emilimin bozulması yoluyla hidrosefaliye neden olur (4). Hidrosefalinin genel popülasyondaki insidansı kesin olarak bilinmemektedir. Ancak herhangi bir hastalığa eşlik eden infantil hidrosefali 1000 canlı doğumda 3-4 oranında görülür. İzole konjenital bir bozukluk olarak hidrosefali ise 1000 canlı doğumda 0,9-1,5 oranında görülür (18). Yenidoğanda ventrikül boyutları iki faktöre bağlıdır: Birinci faktör beynin myelinizasyon durumudur. İmmatür beyinde henüz myelinizasyon tamamlanmadığı için beyin parankimi yumuşak ve esnek bir özelliğe sahiptir. Bu durumda ventriküller kolaylıkla genişleyebilir. Diğer faktör ise kafa kemiklerinin esnek olmasıdır. Bu da yenidoğan beynine daha bir esneklik kazandırır ve genişleyebilmesini sağlar. Hidrosefali akut olabileceği gibi kronik olarak da gelişebilir. Akut hidrosefali, ventriküler sistemde ani bir tıkanma olması sonrası saatler içinde gelişen hidrosefali tablosudur (5). Eğer kranial sütürler kapandıysa hastanın kliniği hızla bozulur, şuuru kapanır ve herniasyona doğru gider. Bulantı-kusma, baş ağrısı ve uykuya meyil bu durumun ilk belirtileridir. Kronik hidrosefali ise BOS dolaşım ve emiliminde zaman içinde bozulma sonucu ortaya çıkar. Genellikle ilk belirti baş ağrısı ve bulantı-kusmadır. Ancak zaman içinde mental ve motor disfonksiyonlar da ortaya çıkabilir (20). Hidrosefalilerin geleneksel tedavisi şanttır. Günümüzde yaygın olarak ventriküloperitoneal şantlar kullanılmakla birlikte ventriküloatrial ve ventriküloplevral şantlar da uygun endikasyonlarda nadir de olsa kullanılmaktadır. Ayrıca son yıllarda ortaya çıkan endoskopik üçüncü ventrikülostomi de yaygın bir tedavi seçeneği olmuştur. Ancak bu bölümün konusu şant fizyolojisi olduğu için sadece şant ile yapılan tedavi ve şantın fizyolojik özellikleri anlatılacaktır.

ŞANT FİZYOLOJİSİ

BOS'un fizyolojisi, ventriküler sistemin anatomisi ve hidrosefali'nin fizyopatolojisi ortaya konduktan sonra 20. yüzyılın başından itibaren çeşitli BOS drenaj teknikleri geliştirilmeye çalışılmıştır (7). Özellikle 1920'lerde Charles Goodyear'ın kauçuğu stabil ve dayanıklı hale getirmesinden sonra kauçuk tüpler kullanılmaya başlanmıştır. İlk olarak Torikildsen ventrikülosisternostomi'yi tanımlamış ve burada kauçuktan yapılmış şantları kullanmaya başlamıştır (11). Bu şantlarda valf sistemi yoktu ve her iki yöne doğru da BOS akımı olabiliyordu. Bundan dolayı aşırı drenaj veya ters yöne akım gibi ciddi problemler ortaya çıkıyordu. Dolayısıyla valfsiz şantların başarısı kısa süreli oluyor ve uzun dönemde hastalar tekrar aynı problemleri yaşıyordu. Ancak 1949 yılında Nulsen ve Spitz'in tek yönlü ve basınca duyarlı şantları yapmasıyla birlikte hidrosefali tedavisi önemli bir aşama kaydetmiştir. 1950'li yıllarda Pudenz tek yönlü valfli ventriküloatrial şantı geliştirmiştir. Valf teknolojisine ek olarak Spitz ve Holter uzun süre dayanıklı sentetik kauçuk ve plastik şant kateterlerini geliştirmiştir (6).

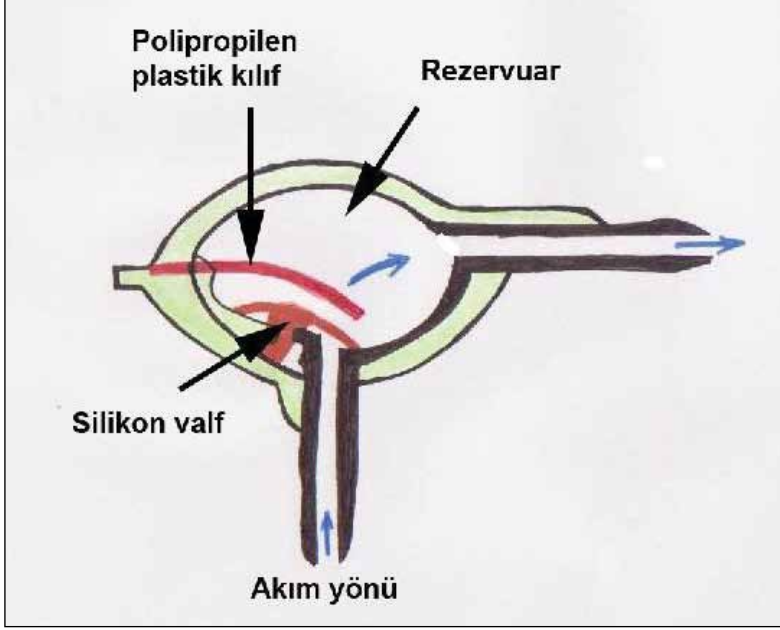
1970'li yılların sonunda tüm dünyada üç farklı şant kullanılıyordu (18). Bunlar ventriküloatrial, ventriküloplevral ve ventriküloperitoneal şantlardı. Ventriküloatrial şantlarda vasküler sistem içine uzun süreli yabancı bir cisim konulduğu için ciddi emboli ve trombüs riski oluşuyordu. Ayrıca bu hastalarda sık sık şant tıkanıklığı ve enfeksiyonu olmakta idi. Ventriküloplevral şantlarda da plevranın absorpsiyon kapasitesinin yetersizliğinden dolayı ciddi disfonksiyonlar meydana gelmektedir. Ventriküloperitoneal şantların geliştirilmesi ile birlikte diğer tip şantların kullanımı giderek azalmıştır.

Şant sistemi temelde üç parçadan oluşur. Bunlar ventrikül kateteri, valf sistemi ve distal kateterdir (18). Bunlara ayrıca açma-kapama cihazı, anti-sifon sistemi ve rezervuar da eklenebilmektedir. Ventriküler kateter genellikle silikondan imal edilmiştir ve baryum kaplı olduğu için radyopaktır. Ayrıca poliüretandan da imal edilmiş kateterler mevcuttur. Kafatasına açılan bir burr-hole deliği ile kateter ventrikül içine yerleştirilir. Ventrikül kateterinin ucunda BOS drenajını sağlayan pek çok delik vardır. Bu delikler BOS drenajının kesintisiz olması için ve kolayca tıkanmaması için yeterli sayıda ve genişlikte olmalıdır. Ventrikül kateteri üç yolla ventriküle yerleştirilir. Bunlar manuel (klasik) yol, endoskopik yol ve navigasyon yardımıyla yapılan yerleştirmedir. Tüm bu yerleştirmelerde amaç kateteri mümkün olduğunca foramen monro'ya yakın ve koroid pleksus'a da uzak olarak lateral ventriküle yerleştirmektir. Ayrıca ventrikül kateterleri pek çok farklı türde olabilir. Bunlar düz kateterler, açılı kateterler, oluklu kateterler ve kayık şeklinde kateterlerdir. Bunlar dışında enfeksiyon riskine karşın antibakterial/antimikrobial kateterler de üretilmiştir. Bunların amacı BOS içine girmiş olan mikroorganizmaları öldürmek ve/veya şant üzerinde bakteri kolonizasyonunu engellemektir. Ancak antimikrobial kateterlerin başarısı da günümüzde sınırlı kalmıştır. Şant obstrüksiyonlarında ventrikül kateterlerinin ucunda bakteri kolonileri, glial dokular, granülasyon dokuları ve koroid

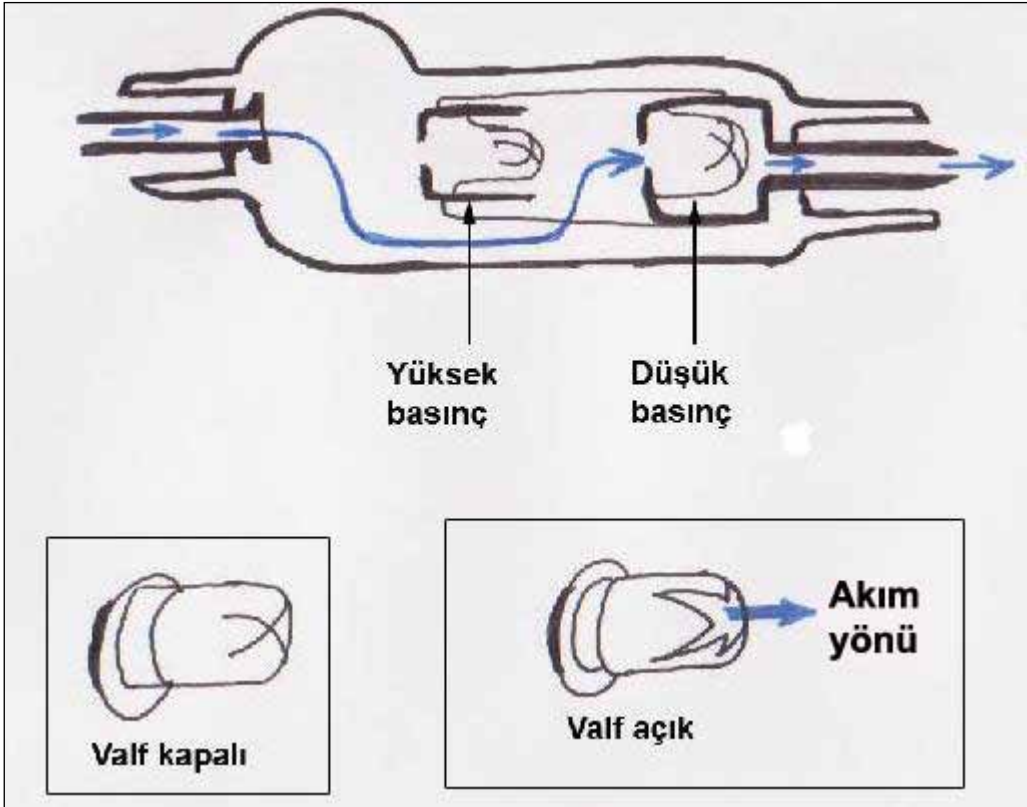
pleksus dokuları saptanmıştır. Bu nedenle henüz tıkanmayan ideal bir ventrikül kateteri geliştirilememiştir.

Valf sistemleri, bir şantın çalışmasını sağlayan ve şantları birbirinden ayıran temel sistemlerdir. Günümüzde genel olarak tip valf vardır. Bunlar basınç kontrollü (Şekil 1) ve akım kontrollü (Şekil 2) valflerdir. İster akım kontrollü olsun, ister

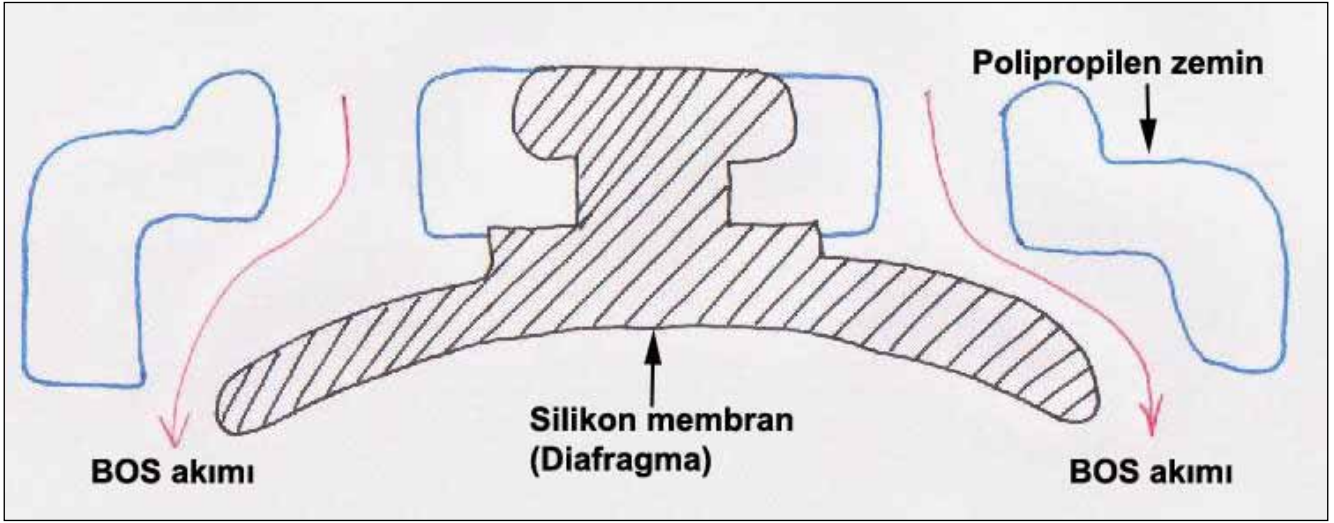
basınç kontrollü olsun bir şantın çalışmasının temeli mantığı "basınç farkı" prensibidir. Basınç kontrollü şantlarda valf sistemi belli bir basınca ayarlanmıştır ve valfin proksimalindeki hidrostatik basınç valfin basıncını geçer ise BOS drenajı olmaktadır (3). Eğer proksimal basınç eşik değeri aşmaz ise BOS drenajı olmamaktadır. Bu da özellikle intrakranial basıncın çok



Şekil 1: Basınç kontrollü, burr-hole tipi şant görülmektedir. Ventrikül kateterinden gelen BOS basıncı eşik değeri aştığı zaman silikondan imal edilmiş olan diafragma tipi valf açılmakta ve BOS drenajı sağlanmaktadır. BOS basıncı eşik değerinden altına indiği zaman ise valf kapanmakta ve drenaj durmaktadır.



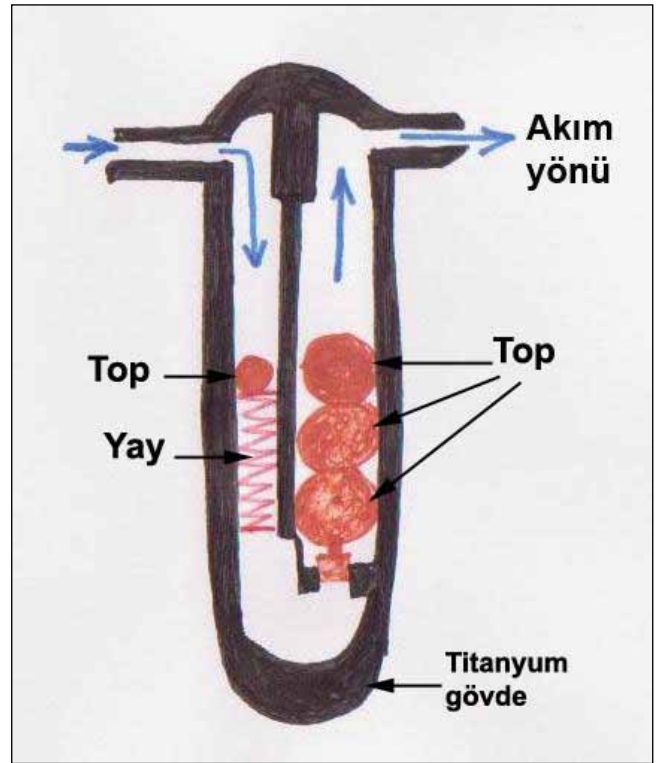
Şekil 2: Akım kontrollü şantın valf kısmında gelen BOS akımına göre açılıp kapanan silikondan yapılmış odacıklar vardır. Bu valflerde gelen BOS akımının belli bir eşik değeri aşması durumunda açılmakta ve BOS drenajı sağlanmaktadır.



Şekil 3: Diafragma tip valflerde silikondan bir diafragma vardır. Bu valf gelen BOS'un basıncına göre açılmakta veya kapanmaktadır. Özellikle burr-hole tip şantlarda kullanılır.

artmadığı durumlarda devamlı BOS drenajını engellemekte ve aşırı drenajı önlemektedir. Günümüzde farklı basınca duyarlı valf sistemleri 4 şekilde tasarlanmışlardır. Bunlar: slit, koni-içinde-top, diafragma (Şekil 3) ve miter (gönye) tipi valflerdir (18). Bu valfler; temel mekanizmalarına göre ve basınç-akım özelliklerine göre birbirlerinden ayrılmaktadır. Ticari örnekleri ise; Holter valf (Codman & Shurtleff Inc) bir çift slit valftir, Hakim valfi (Cordis) koni-içinde-top valftir, Pudenz valfi diafragma tipi valftir ve Mishler valfi ise gönye tipi valftir. Valflerin tanımlanmasında genellikle "kapanış basınçları" kullanılmaktadır. Valfler genel olarak basınçlarına göre: Düşük basınçlı (20-40 mmH₂O), orta basınçlı (40-70 mmH₂O) ve yüksek basınçlı (80-100 mmH₂O) valfler olarak sınıflandırılırlar. Bu basınç aralıkları farklı marka şantlarda değişmekle birlikte hemen hemen birbirlerine yakın aralıktadırlar. Ayrıca sabit basınçlı şantlardan başka programlanabilir şant modelleri de üretilmiştir. Bunlarda valfin basıncı dışarıdan bir cihaz ile ayarlanmakta ve ventrikülün yapısı ve hastanın kliniğine göre valfin basıncı değiştirilmektedir. Son yıllarda yerçekimine bağlı çalışan (gravitasyonel) valfler de geliştirilmiştir (Şekil 4). Bunlarda da koni-içinde-top tipi valf vardır. Ancak valf sistemi hasta horizontal konumda iken çalışmamakta, hasta ayağa kalktığı zaman veya vertikal pozisyona geçtiği zaman BOS drenajı başlamaktadır.

Slit valfler en basit valf modelidir (18). Kapalı bir tüpün duvarında bir yarıç vardır ve tüpe doğru basınç artışı olduğunda bu yarıç açılmaya zorlanır ve BOS akımı oluşur. Sadece tek yönlü akım olur. Basınç artışı olmadığı zaman ise bu yarıç açılmaz ve BOS geçişine izin vermez. Hangi basınçta valfin açılacağını ise tüpün duvar kalınlığı belirler. Slit valfli şantların çoğunda valf sistemi horizontal olarak şekillendirilmiştir (21). Bu tip valfler kolayca cilt altına yerleştirilebilir ve ventrikül ucuna bağlanabilir. Ancak bunların en önemli problemi bir miktar bombeli yapıda olmaları ve özellikle yenidoğanlarda cilt nekrozuna neden olmalarıdır (18). Ancak bunun için de çok ince ve küçük slit valfli şantlar üretilmiştir.



Şekil 4: Gravitasyonel tip valflerin özelliği yerçekimi etkisine göre BOS drenajını sağlamaları ve özellikle sifon etkisini azaltmaları veya yok etmeleridir. Bu tip valflerin 2 adet odacığı vardır. Birinci odacıkta küçük metal bir top ve yay vardır. Bu odacığın direnci pozisyon ile değişmemektedir. İkinci odacıkta ise 3 metal ve bir yakut (ruby) top vardır. Bu odacık ayağa kalkıldığı zaman basıncı arttırmakta ve BOS drenajını azaltmakta veya durdurmaktadır. Yatar pozisyonda ise açılmaktadır.

Koni-içinde-top şeklinde valfler günümüzde Hakim tipi şantlar olarak bilinmektedir (21). Paslanmaz çelik bir odacık içine sentetik yakut renginde (ruby) top yerleştirilmiştir. BOS akım hızına bağlı olarak top koni şeklinde odacığın içinde ileri veya geriye doğru hareket eder ve akımı kontrol eder. Bu sistem slit valfli şantlara göre tıkanmaya daha dirençlidir ve kolayca tıkanmaz.

Diafragma tipi valfler genellikle burr hole tipi şantlarda kullanılır ve ventriküler kateter dik olarak valfe bağlanır (Şekil 1). Ventrikül içi basınç arttığı zaman diafragma açılır ve BOS akımı sağlanır, basınç düşük olduğu zamanda BOS akımı olmaz. Ayrıca diafragma nedeniyle geriye doğru (retrograd) akım da olmaz (15).

Miter (gönye) tipi valfler ise iki ince silikon tabakasının uç uca bağlanması ile oluşur ve bunlar basıncı ayarlar. Her bir tabaka bir yay gibi hareket eder ve içerideki basınç arttığında BOS geçişine izin verirken basınç düştüğünde BOS geçişini durdurur. Tek yönlü geçişe izin verir (2).

Hangi valf tipinin hidrosefali tedavisinde daha etkin olduğu günümüzde tartışmalıdır. En pahalı şant en iyi şant değildir (24). En basit şant bile fonksiyon gördüğü sürece hasta yönünden en değerli şanttır. Dolayısıyla şant teknolojisinin gelişmesi günümüzde şant disfonksiyonlarına çok da fazla bir çözüm getirmemiştir (23). Özellikle pediatrik hastalarda sık şant disfonksiyonu ile karşılaşıldığından şant teknolojileri üzerine araştırmalar çocuk hastalar üzerine yoğunlaşmıştır. Şantların fizyolojisini daha iyi anlamak için şant içinden geçen BOS akım dinamiğini iyi bilmek gerekir. BOS dinamiği erişkin ve çocukta hemen hemen aynı olmakla birlikte küçük farklar mevcuttur (26). Önceden belirtildiği gibi tüm şantların çalışmasının temel prensibi basınç farkıdır. Şantın çalışma prensiplerini daha iyi anlamak için akım (F), basınç (P) ve direnç (R) konusunu iyi bilmek gerekir.

Bir şanttan akım aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$F = \Delta P / R$$

Bu formülde F şant içindeki BOS akımını, ΔP (Basınç farkını) şantın giriş ve çıkışındaki basınç farkını ve R ise şanttaki direnci temsil eder. Ayağa kalkıldığında ise bu formüle yükseklik (H) de eklenir ve burada formül aşağıdaki gibi olur.

$$F = \Delta P + H / R$$

Burada $\Delta P = \text{İVB} + \rho gh - \text{VAB} - \text{DB}$ olarak ifade edilir.

Bu formülde İVB: İntraventriküler basınç, ρgh : hidrostatik basınç, VAB: Valfin açılış basıncı ve DB: Distaldeki basınçtır. ρ sıvının yoğunluğu, g yerçekimi ve h yüksekliktir. Distaldeki basınç ventriküloperitoneal şantlar için intraabdominal basınç olup normalde 0'dır. Ayrıca Poiseuille formülüne göre:

$$R = 8 \cdot \text{vizkozite} \cdot \text{uzunluk} / \pi \cdot r^4$$

Şanttaki direnç (R) kateterlerdeki direnç ve valfteki dirençten oluşur. Kateterlerdeki dirençten kateterlerin çapı ve içeriden geçen BOS'un viskozitesi sorumludur. Kateterlerin çapı arttıkça akım artar, BOS viskozitesi arttıkça akım azalır. Ayrıca şanta

farklı elemanlar (antisifon cihazı, rezervuar vb) eklendikçe şantın direnci artar, bu da şanttaki BOS akımını azaltır (18).

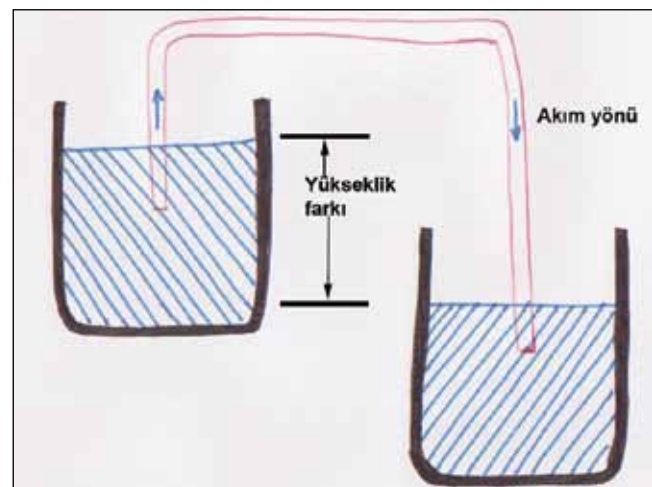
Yukarıdaki formülden de anlaşılacağı gibi ayakta iken H (yükseklik) artar ve F(akım)'de artar dolayısıyla BOS akımı da artar ve hastada aşırı drenaj gelişir. Buna "sifon etkisi" denir (12) (Şekil 5). Sifon etkisi özellikle çocuklarda slit ventrikül sendromuna, dural köprü venlerin yırtılmasına ve subdural hematoma, ayrıca ileride kraniosinostoza neden olabilmektedir. Sifon etkisini önlemek için değişebilen basınçlı valfler kullanıldığında pozisyona bağlı BOS akımındaki değişiklikler de minimal olur ve aşırı drenaj önlenmiş olur (13). Valf direnci valfin çıkış deliğinin alanına ve valf içindeki hidrostatik basınca göre değişir (Şekil 6).

Bir şantın performansı şu formüle göre tanımlanır:

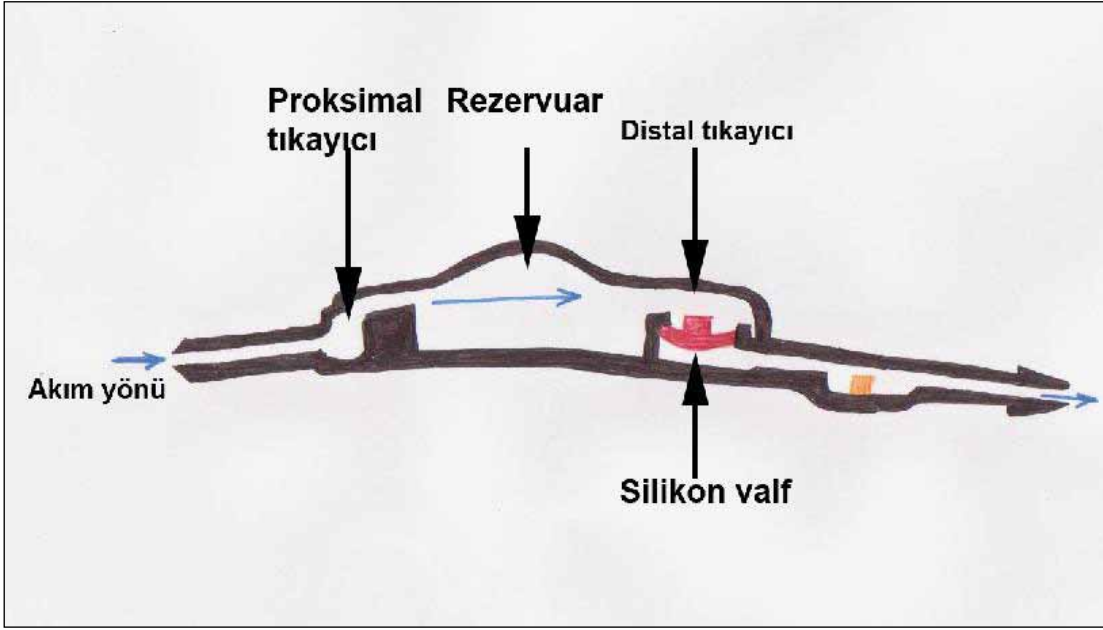
$$\text{İntraventriküler basınç} = \text{valf açılış basıncı} + \text{intraperitoneal basınç} - \text{hidrostatik basınç}$$

Optimal şant performansı için valf sisteminin vücut aksına paralel olarak yerleştirilmesi gerekir. Buna uyulmadığı takdirde özellikle yatalak hastalarda yetersiz BOS drenajı olabilir veya ayaktaki hastalarda ise aşırı BOS drenajı olabilir ve slit ventrikül sendromu gelişebilir. Bu nedenle insanda fizyolojik duruma en uygun olan ve BOS drenaj hızını sabit tutabilen bir valf sistemi kullanılmalıdır. Sabit bir BOS drenaj hızı aynı zamanda ventriküllerin de boyutlarını sabit tutar ve slit ventrikül veya subdural hematoma oluşumunu da engeller. Buna göre BOS akımını sabit tutan valf sistemleri geliştirilmiştir. Orbis-sigma valfleri ve Delta valfleri özellikle hasta ayakta iken valf basıncını yükselten bir mekanizmaya sahiptirler ve buna bağlı olarak BOS akımı azalmakta ve aşırı drenajın önüne geçilmektedir (14).

Bazı şantlarda aynı zamanda "rezervuar" adı verilen ve BOS örneği alınabilen odacıklar da vardır. Bu odacıklar genellikle



Şekil 5: Sifon etkisi, iki farklı yükseklikteki sıvı arasında yükseklik farkına bağlı olarak akış olmasındır. Bu yükseklik farkı arttıkça sifon etkisi artmakta ve sıvı akışı artmaktadır. Bu durum özellikle yatar pozisyondan ayakta pozisyona geçildiği zaman şantlı hastalarda görülür ve BOS akımı artar. Bu da başta slit ventrikül sendromu olmak üzere pek çok komplikasyona neden olur.



Şekil 6: Sifon etkisini önlemek için "antisifon" araçlar kullanılır. Bunlarda bir rezervuar ve iki tane tıkaçıcı odacık bulunmaktadır. Amaç şant sisteminin basıncını arttırmak ve sifon etkisini azaltmaktır.

ventriküler katetere bağlı olmakla birlikte distal katetere de bağlanabilirler. Rezervuarlardan incelemek üzere BOS örneği alınabildiği gibi şanta buradan antibiyotik veya kontrast madde de verilebilir. Ayrıca şantın çalışıp çalışmadığını test etmek için rezervuara parmak ile basılır ve parmak kaldırıldığında rezervuar hemen doluyor ise bu durum şantın çalıştığını göstermektedir. Ancak bu çok güvenilir bir test değildir.

Sonuç olarak; şant fizyolojisini bilmek için sıvıların dinamiği ve şantların çalışma prensibini iyi bilmek gerekir. Her ne kadar şant cerrahisi basit gibi görülse de şantların yapısı ve çalışma prensipleri son derece karmaşıktır. Akışkanların dinamiği ve hidrosefalinin fizyopatolojisi son yıllarda net bir şekilde ortaya konmakla birlikte yine de şantlara ait fonksiyonel sorunlar çözülmemiştir. Hangi tip şantın veya hangi tip valfin mükemmel olduğu sorusu günümüzde cevap bulamamıştır. Bunun için muhtemelen uzun yıllar daha detaylı araştırmalar gerekecektir.

KAYNAKLAR

1. Aschoff A, Kremer P, Hashemi B, Kunze S: The scientific history of hydrocephalus and its treatment. *Neurosurg Rev* 22:67-93, 1999
2. Benabid AL, de Rougemont J, Barge M: CSF dynamics: A mathematical approach. Lundberg N, Pontén U, Brock M (ed), *Intracranial Pressure II*, cilt 2, Berlin: Springer-Verlag, 1975: 45-60
3. Czosnyka Z, Czosnyka M, Richards H, Pickard JD: Hydrodynamic properties of hydrocephalus shunts. *Acta Neurochir Suppl.* 71:334-9, 1998
4. Chapman PH: Hydrocephalus in childhood. Youmans JR (ed), *Neurological Surgery*, üçüncü baskı, Philadelphia: WB Saunders, 1990: 236

5. Çırak B, Güven MB, Yüceer N, Kıymaz N, Işık S: Hidrosefaliler: 33 olgunun incelenmesi. *Van Tıp Dergisi* 6:1-4, 1999
6. Drake JM, Kestle JR, Tuli S: CSF shunts 50 years on--past, present and future. *Childs Nerv Syst* 16:800-804, 2000
7. Drake JM, Sainte-Rose C: Şant Kitabı. (Çev: Çelik SE), İstanbul: Nobel Yayınevi, 2002: 108-180
8. Greenberg MS: *Handbook of Neurosurgery*. (Çev: Bozbuğa M), birinci basım, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 1996: 224
9. İmer M, Yavuz C, Sencer A, İzgi N: Hidrosefali tedavisinde ventriküloperitoneal şant yönteminin değerlendirilmesi. 460 olgunun retrospektif analizi. *Türk Nöroşirürji Dergisi* 13: 171-175, 2003
10. Jain H, Sgouros S, Walsh AR, Hockley AD: The treatment of infantile hydrocephalus: "differential-pressure" or "flow-control" valves. A pilot study. *Childs Nerv Syst.* 16:242-6, 2000
11. Johnston I, Teo C: Disorders of CSF hydrodynamics. *Childs Nerv Syst* 16:776-799, 2000
12. Khan RA, Narasimhan KL, Tewari MK, Saxena AK: Role of shunts with antisiphon device in treatment of pediatric hydrocephalus. *Clin Neurol Neurosurg* 112:687-690, 2010
13. Kurtom KH, Magram G: Siphon regulatory devices: Their role in the treatment of hydrocephalus. *Neurosurg Focus* 22(4):E5, 2007
14. Lee WC, Seo DH, Choe IS, Park SC, Ha YS, Lee KC: A comparative result of ventriculooperitoneal shunt, focusing mainly on gravity-assisted valve and programmable valve. *J Korean Neurosurg Soc* 48:251-258, 2010
15. Magram G, Liakos AM: Cerebrospinal fluid flow through an implanted shunt. *Neurol Res* 22:43-50, 2000
16. McLone DG, Reigel D, Sommers M, Frisbie C: *An Introduction to Hydrocephalus*. Pennsylvania: Children's Memorial Hospital, 1982: 1-15

17. Oi S, Matsumoto S: Pathophysiology of nonneoplastic obstruction of the foramen of Monro and progressive unilateral hydrocephalus. *Neurosurgery* 17:891-896, 1985
18. Post EM: Shunt systems. Wilkins RH, Rengachary SS (ed), *Neurosurgery*, cilt:3, ikinci baskı, New York: McGraw-Hill, 1996: 3645-3653
19. Rakunt C, Şahin C: Beyin omurilik sıvısı. *Türkiye Klinikleri* 7: 73-80, 1987
20. Robinson S: Neonatal posthemorrhagic hydrocephalus from prematurity: Pathophysiology and current treatment concepts. *J Neurosurg Pediatr* 9:242-258, 2012
21. Serlo W, von Wendt L, Heikkinen ES, Heikkinen ER: Ball and spring or slit and core valve for hydrocephalus shunting? *Ann Clin Res* 18 (Suppl 47):103-106, 1986
22. Symss NP, Oi S: Theories of cerebrospinal fluid dynamics and hydrocephalus: Historical trend. *J Neurosurg Pediatr* 11:170-177, 2013
23. Turhan T, Ersahin Y, Dinç M, Mutluer S: Cerebro-spinal fluid shunt revisions, importance of the symptoms and shunt structure. *Turk Neurosurg* 21:66-73, 2011
24. Warf BC: Comparison of 1-year outcomes for the Chhabra and Codman-Hakim Micro Precision shunt systems in Uganda: A prospective study in 195 children. *J Neurosurg* 102(4 Suppl):358-362, 2005
25. www.oxforddictionaries.com (Erişim 30.4.2013)
26. Xenos C, Sgouros S, Natarajan K, Walsh AR, Hockley A: Influence of shunt type on ventricular volume changes in children with hydrocephalus. *J Neurosurg* 98:277-283, 2003